

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

**PCT** Rec'd PCT/PTO 12 OCT 2004

## INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 27 FEB 2004



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 2002P06170WO	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Überreichung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/PEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 03/01053	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 12.04.2002
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G06F17/60		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
  - ☐ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.

- Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Bescheids
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Regel 66.2 a)ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  17.09.2003	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  26.02.2004
Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Pöllmann, H.M. Tel. +49 89 2399-6017 

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):

**Beschreibung, Seiten**

1-4 in der ursprünglich eingereichten Fassung

**Ansprüche, Nr.**

1, 2 in der ursprünglich eingereichten Fassung

**Zeichnungen, Blätter**

1/1 in der ursprünglich eingereichten Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um:

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:
- ☐ Ansprüche,      Nr.:
- ☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen.)*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

**V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. Feststellung                |  |
| Neuheit (N)                    | Ja: Ansprüche 1,2<br>Nein: Ansprüche   |
| Erfinderische Tätigkeit (IS)   | Ja: Ansprüche<br>Nein: Ansprüche 1,2   |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche: 1,2<br>Nein: Ansprüche: |

2. Unterlagen und Erklärungen:

**siehe Beiblatt**

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

**1. Einwand nach Artikel 33(3) PCT**

Die vorliegenden Ansprüche 1 (Verfahren) und 2 (Vorrichtung) erfüllen nicht die Merkmale des Beruhens auf einer erfinderischen Tätigkeit, wie sie für den Zweck der internationalen vorläufigen Prüfung in Artikel 33(3) PCT festgelegt sind (Artikel 35(2)).

Die Merkmale a) - c) des Verfahrensanspruchs bzw. die Merkmale in Zeilen 17 - 28, Seite 6 des Vorrichtungsanspruchs beziehen sich auf ein System bzw. auf eine Verfahren zur Steuerung eines Prozessablaufs bei dem

- ein Sollwert definiert wird (a),
- eine Istgröße gemessen wird (b) und
- die Regelabweichung als Differenz von Sollwert und Istwert bestimmt wird (c).

Dieses Verfahren bzw. diese Vorrichtungen zum Durchführen des Verfahrens sind allgemein bekannt und finden sich in jeder Anlage in der Parameter geregelt werden (siehe zum Beispiel "Taschenbuch der Regelungstechnik", Seiten 30 - 34; ISBN 3-8171-1629-2, eine Kopie ist beigelegt).

Der Gegenstand der Ansprüche 1 und 2 unterscheidet sich somit lediglich durch die unter d) in Anspruch 1 bzw. in Zeilen 17 - 28, Seite 6 angegebenen Merkmale vom Stand der Technik. Diese Merkmale geben an, dass die Abweichung der Ist-Kenngröße von der Soll-Kenngröße in einem Netzdiagramm (auch Kiviat- oder Spinnendiagramm genannt) dargestellt wird. Die Darstellung soll dabei so erfolgen, dass die umschlossene Fläche umgekehrt proportional zur Qualität des Prozessablaufs ist. Das wird dadurch erreicht, dass die Ideal-Kenngrößen in einem Optimalpunkt im Zentrum des Netzdiagramms vereint werden. Erfindungswesentlich ist somit die Darstellung von Prozessgrößen in einem Netzdiagramm an sich. Die Erfindung wird somit durch nichttechnische Merkmale charakterisiert, was dazu führt, dass keine Merkmale vorliegen, die neu, erfinderisch und technisch sind (Artikel 33(3) PCT i.V. mit Regel 5.1 iii) PCT).

Somit beruht der Gegenstand der Ansprüche 1 und 2 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit.

**Anmerkung:**

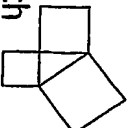
In den Richtlinien für die Sachprüfung für eine internationale (vgl. PCT-Richtlinien Sektion IV, IV - 2.4(e)) oder eine europäische Anmeldung (vgl. EPA-Richtlinien, C-IV, 2.3, "Wiedergabe von Information") bildet die Wiedergabe von Information einen patentierbaren Gegenstand, wenn die Art der Wiedergabe der Information **neue technische** Merkmale umfasst. Das ist bei dem beanspruchten Gegenstand der Ansprüche 1 und 2 nicht der Fall.

# **Taschenbuch der Regelungstechnik**

Prof. Dr.-Ing. Holger Lutz  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wendt

3., überarbeitete und erweiterte Auflage

Verlag  
Harri  
Deutsch



Dr.-Ing. Holger Lutz, geb. Sinning, Elektromechanikerlehre in einer Firma für Steuer- und Regelungsanlagen, Studium an der Ingenieurschule Kassel zum Ing.-grad, nach Berufstätigkeit als graduierter Ingenieur Studium der Elektrotechnik und Regelungstechnik an der TU Berlin zum Dipl.-Ing., Berufstätigkeit, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Berlin im Fachbereich Konstruktion und Fertigung, Promotion über die Steuerung und Regelung der Bewegungsachsen von Industrierobotern, Mithinhaber eines Ingenieurbüros, danach Professor an der University of Applied Sciences Fachhochschule Gießen-Friedberg für das Fachgebiet Steuer- und Regelungstechnik im Fachbereich Elektrotechnik II.

Dr.-Ing. Holger Lutz

Professor Dr.-Ing. Holger Lutz

Fachhochschule Gießen-Friedberg

Friedberg



Dr.-Ing. Wolfgang Wendt, Elektromechanikerlehre in einer Firma für steuerungs- und regelungstechnische Geräte, Studium an der Fachhochschule Darmstadt zum Ing.-grad, danach Studium der Elektrotechnik an der TU Berlin zum Dipl.-Ing., wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Berlin im Fachbereich Konstruktion und Fertigung, Promotion über die Regelung von bahngesteuerten Arbeitsmaschinen, Mitarbeiter an einem staatlichen Forschungsinstitut, danach Professor an der University of Applied Sciences Fachhochschule Esslingen für das Fachgebiet Steuer- und Regelungstechnik im Fachbereich Maschinenbau.



University of Applied Sciences

Fachhochschule Esslingen

Hochschule für Technik

Professor Dr.-Ing. Wolfgang Wendt

Fachhochschule Esslingen

Hochschule für Technik

73728 Esslingen am Neckar

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Verfahren zur Steuerung und Regelung von Motoren

Elektronische Bibliothek erhältlich.

Zu recherchieren auch unter:

<http://www.ulb.de/online/index.htm>

ISBN 3-8171-1629-2

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches - oder von Teilen daraus - sind vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

3., überarbeitete und erweiterte Auflage 2000

© Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt am Main, 2000

Druck: Clausen & Bossé, Leck

Printed in Germany

## Vorwort

Das Taschenbuch der Regelungstechnik wendet sich an Studentinnen und Studenten der Fachrichtungen Elektrotechnik, Maschinenbau und der allgemeinen Ingenieurwissenschaften von Fachhochschulen, Technischen Hochschulen und Technischen Universitäten, für die Anwendung in der ingenieurtechnischen Praxis ist das Taschenbuch aufgrund der ausführlichen und doch kompakten Darstellung geeignet.

Der Themenbereich erstreckt sich von der Berechnung von einfachen Regelkreisen mit Proportional-Elementen, von Regelkreisen im Zeit- und Frequenzbereich bis zu digitalen Regelungen, Zustandsregelungen, nichtlinearen Regelungen und Fuzzy-Regelungen. Die Verfahren der Zustandsregelung werden auf Probleme der Antriebstechnik angewendet. Ein Abschnitt befaßt sich mit der Anwendung des Programmsystems MATLAB, SIMULINK für Problemstellungen der Regelungstechnik.<sup>1</sup>

Die Beschreibung der regelungstechnischen Verfahren und Methoden wird durch überschaubare Beispiele ergänzt. Zu vielen Beispielen sind m-Files für das Programmsystem MATLAB angegeben.<sup>2</sup> Das Taschenbuch enthält zahlreiche Tabellen, die in der Regelungstechnik benötigt werden. Die Benutzung der Tabellen zur LAPLACE- und z-Transformationsrechnung wird für die Anwender vereinfacht, da bei den Transformationspaaren neben den allgemeinen mathematischen Bezeichnungen auch die in der Regelungstechnik normierten Kenngrößen wie Zeitkonstanten und Kreisfrequenzen angegeben sind. Die Identifikation von Übertragungselementen mit der Sprungantwortfunktion ist ebenfalls tabellarisch angegeben.

Das Taschenbuch ist auch als Begleittext für regelungstechnische Vorlesungen einsetzbar. Wir bitten Sie als Benutzer des Taschenbuchs, Vorschläge zu Themenergänzungen an den Verlag zu richten.

Autoren und Verlag Harri Deutsch

Gräfrstraße 47-51

D-60486 Frankfurt am Main

Fax 069-7073739

E-Mail: verlag@harri-deutsch.de

<http://www.harri-deutsch.de/verlag/>

E-Mail: holger.lutz@e2.fh-friedberg.de

<http://www.fh-friedberg.de/fachbereiche/e2/cae-labor/lutz/home.htm>

E-Mail: wolfgang.wendt@fh-esslingen.de

<http://www.fht-esslingen.de/institute/irt/wendt/index.htm>

<sup>1</sup> MATLAB und SIMULINK werden von der Scientific Computers GmbH, D-52064 Aachen, vertrieben.

<sup>2</sup> Die m-Files können von der homepage <http://www.fh-friedberg.de/fachbereiche/e2/cae-labor/lutz/home.htm> heruntergeladen werden.

# 1 Einführung in die Regelungstechnik

## 1.1 Steuerungen und Regelungen

Technische Systeme sollen häufig so beeinflusst werden, daß bestimmte zeitveränderliche Systemgrößen ein vor bestimmtes Verhalten aufweisen. In einfachen Fällen sollen technische Größen konstant gehalten werden, obwohl auf das System Störungen einwirken. Diese Aufgaben sind im allgemeinen mit Regelungen oder Steuerungen lösbar. Beide Methoden werden im weiteren erklärt und miteinander verglichen.

Unter einer Regelung versteht man einen Vorgang, bei dem eine Größe, die Regelgröße, fortlaufend gemessen wird und mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen wird. Mit dem Vergleichsergebnis wird die Regelgröße so beeinflusst, daß sich die Regelgröße der Führungsgröße angleicht. Der sich ergebende Wirkungsablauf findet in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis, statt.

Bei dieser Definition ist wichtig, daß bei Regelungen die Regelgröße fortlaufend gemessen und verglichen wird. Mit dem Vergleichsergebnis wird die Regelgröße beeinflusst. Häufig läßt sich ein vorgeschriebenes Verhalten einer Größe auch mit Hilfe von anderen Größen einstellen. Solche Einrichtungen werden als Steuerungen bezeichnet.

Beispiel 1.1-1: Steuerung der Innentemperatur  $T_i$  eines Raumes in Abhängigkeit von der Außentemperatur  $T_a$ . Ein Steuerungselement steuert die Energiezufuhr für den zu heizenden Raum in Abhängigkeit von der jeweiligen Außentemperatur  $T_a$ .

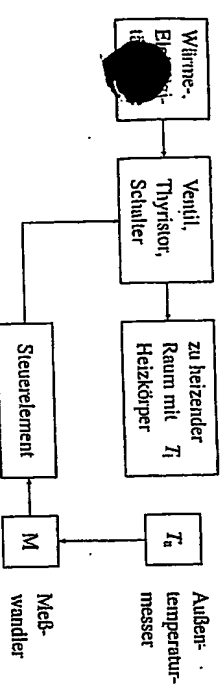


Bild 1.1-1: Technisches Schema einer Temperaturregelung

Das technische System ist eine Steuerung, da die einzustellende Größe, die Innentemperatur  $T_i$ , nicht gemessen wird. Die Raumtemperatur  $T_i$  wird in Abhängigkeit von der Außentemperatur  $T_a$ , der wichtigsten Einfluß- oder Störgröße in einem Heizungssystem, gesteuert. Das Kennzeichen einer Steuerung ist der offene Wirkungsablauf, die Innentemperatur hat auf die Außentemperatur und damit auf die Verstellung der Energiezufuhr keinen Einfluß. Der offene Wirkungsablauf wird auch als offene Steuerkette bezeichnet.

Beispiel 1.1-2: Regelung der Innentemperatur mit Vorgabe einer Solltemperatur. Wird die Energiezufuhr in Abhängigkeit von der Differenz der Solltemperatur  $T_s$  und der Innentemperatur  $T_i$  eingestellt, so ergibt sich eine Regelung. Bei Regelungen ist der Wirkungsablauf geschlossen, die Anordnung wird als geschlossener Regelkreis bezeichnet.

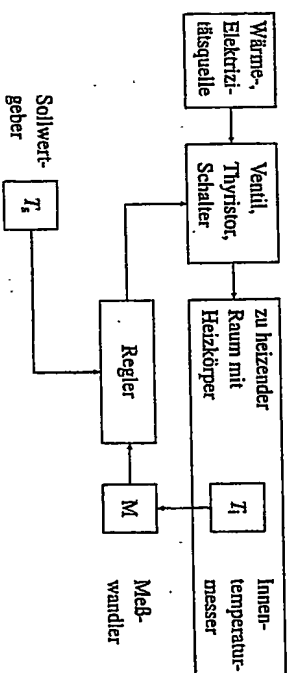


Bild 1.1-2: Technisches Schema einer Temperaturregelung

Merkmale und Eigenschaften von Steuerungen und Regelungen sind in Tabelle 1.1-1 zusammengefaßt:

Tabelle 1.1-1: Merkmale von Regelungen und Steuerungen

Kennzeichen	Regelung	Steuerung
Wirkungsweg:	geschlossen (Regelkreis)	offen (Steuerkette)
Messung und Vergleich der einzustellenden Größe:	Zu regelnde Größe wird gemessen und verglichen.	Zu steuernde Größe wird nicht gemessen und verglichen.
Reaktion auf Störungen (allgemein):	Wirkt allen Störungen entgegen, die an dem zu regelnden System angriffen.	Reagiert nur auf Störungen, die gemessen und in der Steuerung verarbeitet werden.
Reaktion auf Störungen (zeitlich):	Reagiert erst dann, wenn die Differenz von Soll- und Istwert sich bindert.	Reagiert schnell, da die Störung direkt gemessen wird.
Technischer Aufwand:	Geringer Aufwand: Messung der zu regelnden Größe, Soll-Istwert-Vergleich, Leistungsverstärkung.	Hoher Aufwand, wenn viele Störungen berücksichtigt werden müssen, geringer Aufwand, wenn keine Störungen auftreten.
Verhalten bei instabilen Systemen:	Bei instabilen Systemen müssen Regelungen eingesetzt werden.	Steuerungen sind bei instabilen Systemen unbrauchbar.

Steuerungen berücksichtigen nicht alle störenden Einflüsse (Störgrößen). Im einführenden Beispiel werden nur Änderungen der Außentemperatur berücksichtigt, nicht jedoch Störungen der Energiezufuhr. Steuerungen können meist schneller auf Störungen reagieren. Sinkt die Außentemperatur, so greift die Steuerung bereits ein, bevor die Störung die Innentemperatur verringert.

## 1.2 Begriffe der Regelungstechnik

Ziel von technischen Regelungen ist die Verbesserung des zeitlichen Verhaltens von physikalischen Größen, zum Beispiel Spannung, Leistung, Drehzahl, Druck, Temperatur.

Die Regelstrecke ist der Teil eines technischen Systems, der beeinflusst werden soll. Im Beispiel von Abschnitt 1.1 besteht die Regelstrecke aus Heizkörper und dem zu heizenden Raum. Eingangsgröße der Regelstrecke ist die Störgröße  $y$  (zugeführte Wärmeleistung), die zu regelnde Größe heißt Regelgröße  $x$  und entspricht hier der Temperatur.



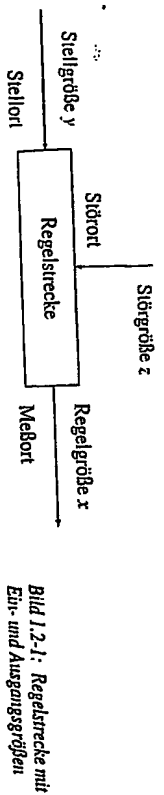


Bild 1.2-1: Regelstrecke mit Ein- und Ausgangsgrößen

Die Regelgröße  $x$  (Istwert) wird am Messort erfasst und mit der Führungsgröße  $w$  (Sollwert) durch Differenzbildung verglichen. Die Führungsgröße wird der Regelung von außen vorgegeben, die Regelgröße soll Vorgabe der Führungsgröße folgen. Die Differenz

$$x_0 = w - x$$

wird als Regeldifferenz bezeichnet. Störungen werden mit  $z$  bezeichnet, sie greifen an Störorten an und beeinflussen die Regelgröße  $x$ . Eine wichtige Aufgabe der Regelung ist, den Einfluß der Störgrößen auf die Regelgröße zu unterdrücken. Tritt aufgrund einer Störung eine Verringerung der Regelgröße  $x$  auf, so bewirkt die Vorzeichenumkehr der Regelgröße  $x$  in der Gleichung  $x_0 = w - x$  eine Erhöhung der Regeldifferenz  $x_0$ . Die Regeldifferenz wird verstärkt und erzeugt über eine Leistungsverstärkung eine Gegenwirkung (Gegenkopplung) gegen auftretende Störungen.

Die Regeldifferenz  $x_0$  ist die Eingangsgröße des Regelglieds. Das Regelglied verstärkt die Regeldifferenz. Seine Ausgangsgröße wird mit Reglerausgangsgröße  $y_R$  bezeichnet. Im allgemeinen wird die Reglerausgangsgröße  $y_R$  auf einen Leistungsverstärker, die Stelleneinrichtung gegeben. Die Ausgangsgröße der Stelleneinrichtung, die Stellgröße  $y$  wirkt am Stellort auf die Regelstrecke. Zwischen Stellort und Messort liegt die Regelstrecke.

Zwischen Messort und Stellort liegt die Regelleinrichtung. Die Regelleinrichtung besteht aus Meßeinrichtung, Vergleich, Regelglied (Regelverstärker) und Stelleneinrichtung. Alle Geräte, mit Ausnahme der Regelstrecke, bilden die Regelleinrichtung.

Die Regelstrecke wird durch Festlegung von Stellort und Messort abgegrenzt. Für die Untersuchung des regelungstechnischen Verhaltens empfiehlt sich folgende Vereinbarung:

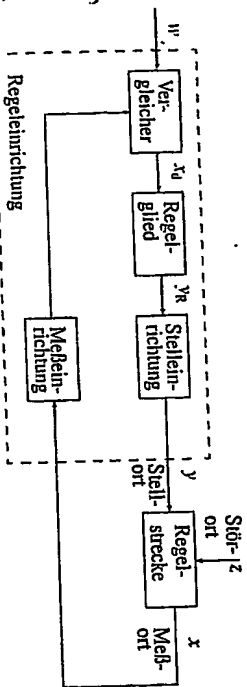


Bild 1.2-2: Regelungstechnische Elemente und Begriffe

Im Einführungsbeispiel wird die Regelstrecke aus Heizkörper und zu heizendem Raum gebildet, die Regelgröße ist die Innentemperatur. Die Ausgangsgröße der Regelglieds wirkt auf die Stelleneinrichtung. Das ist

im allgemeinen ein Leistungsverstärker: thyristorgesteuerter Leistungssteller, Schalter zur Beeinflussung der elektrischen Leistung oder Ventil zur Einstellung des Wärmestroms. Über eine Meßeinrichtung, zum Beispiel eine Temperaturmeßbrücke, wird die Regelgröße gemessen und dem Vergleicher zugeführt. Die Führungsgröße (Solltemperatur) kann mit einem Spannungsteiler eingestellt werden.

Beispiel 1.2-1: Wirkungsweise einer Drehzahlregelung

Für die Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors ist ein Technologiesschema angegeben. Ein Technologiesschema enthält die wichtigsten geräte-technischen Elemente einer Steuerung oder Regelung und gibt einen Überblick über die Funktionsweise.

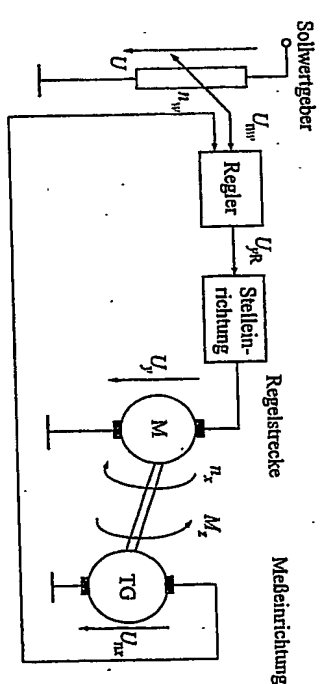


Bild 1.2-3: Technologiesschema einer Drehzahlregelung

Die Wirkungsweise der Drehzahlregelung wird für den Fall einer Laststörung  $M_z$  untersucht. Die Regelgröße Drehzahl  $n_x$  eines Elektromotors  $M$  soll konstant gehalten werden. Die Drehzahl wird mit einem Tachogenerator  $TG$  gemessen, der eine drehzahlproportionale Spannung  $U_m$  erzeugt:

$$U_m = K_T \cdot n_x$$

$K_T$  ist die Tachogeneratorkonstante mit der Dimension  $m/V \cdot \min^{-1}$ . Die Führungsgröße  $U_w$  wird mit einem Spannungsteiler als Sollwertgeber eingestellt. Dabei entspricht einem Drehwinkel des Spannungsteilers ein bestimmter Wert der Führungsgröße (Soll-drehzahl)  $n_w$ . Der Regler bildet die Differenz der Spannungen, dabei entsteht eine der Regeldifferenz proportionale Spannung

$$U_d = U_w - U_m$$

die mit der Reglerverstärkung  $K_R$  verstärkt wird:

$$U_R = U_d \cdot K_R = (U_w - U_m) \cdot K_R$$

Die Reglerausgangsgröße  $U_R$  kann im allgemeinen die vom Motor benötigte Leistung nicht liefern. Die Stelleneinrichtung verstärkt die Leistung, der Spannungsverstärkungsfaktor soll hier Eins betragen:

$$U_y = U_R$$

Die Stellgröße  $U_y$  ist die Ankerspannung des Motors und erzeugt einen Ankerstrom  $I_a$ , der ein Antriebsmoment  $M_A$  bildet. Die Drehzahl ist von Ankerspannung  $U_y$  und Lastmoment  $M_z$  abhängig:

$$n_x = f(U_y, M_z)$$

Wesentliche Störgröße ist hier das Lastmoment  $M_z$ , dessen Vergrößerung ein Absinken der Drehzahl  $n_x$  bewirkt. Die Wirkungsweise der Regelung wird für eine Laststörung  $M_z$  angegeben, wobei die Erhöhung einer Größe durch  $+$ , die Verringerung durch  $-$  gekennzeichnet wird:

Störgröße  $M_s \rightarrow +$ , Regelgröße  $y_s = f(U_s, M_s) \rightarrow -$ ,  
 zurückgeführte Größe  $U_w = K_f \cdot y_s \rightarrow -$ , Führungsgröße  $U_w \rightarrow$  konstant,  
 zur Regeldifferenz proportionale Größe  $U_d = U_w - U_s \rightarrow +$ ,  
 Reglerausgangsgröße  $U_R = K_R \cdot U_d \rightarrow +$ , Stellgröße  $U_s = U_R \rightarrow +$ ,  
 Antriebsstrom  $I_A = f(U_s) \rightarrow +$ , Antriebsmoment  $M_A = f(I_A) \rightarrow +$ ,  
 Regelgröße  $y_s = f(U_s, M_s) \rightarrow +$ .

Die Regelungsstruktur wird allgemein bei Drehzahlregelungen eingesetzt. Für viele Antriebsprobleme bildet sie die Grundlage der Realisierung: Antriebe für Fördereinrichtungen, Hauptantriebe bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, Achsantriebe für Industrieroboter.

## 2 Hilfsmittel zur Darstellung von regelungstechnischen Strukturen

### 2.1 Wirkungs- oder Signallaufpläne

Bei der Entwicklung von Regelungs- und Steuerungssystemen wird zur Beschreibung zunächst ein Technologischeschema verwendet. Das Technologieschema zeigt nur die prinzipielle Wirkungsweise der Systeme. Zur Berechnung ist es nötig, die physikalischen Vorgänge in Geräten und Anlagen der Regelungstechnik mathematisch zu formulieren, ein mathematisches Modell zu bilden.

Ein Hilfsmittel zur Darstellung sind Wirkungs- oder Signallaufpläne. Dabei geht man von einem Übertragungssystem aus, das schematisch als Übertragungsblock dargestellt wird.

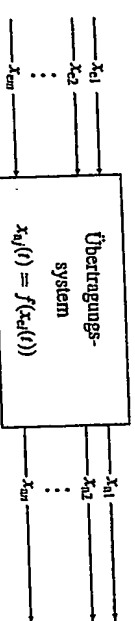


Bild 2.1-1: Übertragungssystem

Hierbei sind  $x_e$  ( $i = 1, \dots, m$ ) Eingangsgrößen und  $x_d$  ( $j = 1, \dots, n$ ) Ausgangsgrößen. Die Ein- und Ausgangsgrößen können sein

- Zeitfunktionen  $x_e(t)$ ,  $x_d(t)$ ,
- LAPLACE-transformierte Zeitfunktionen  $x_e(s)$ ,  $x_d(s)$  oder
- harmonische Funktionen (Frequenzgangfunktionen)  $x_e(j\omega)$ ,  $x_d(j\omega)$ .

Systeme mit mehreren Ein- und Ausgangssignalen werden als Mehrfachsysteme bezeichnet. Zur Analyse und Berechnung werden die Mehrfachsysteme zerlegt in

- Einfachsysteme oder Übertragungsblöcke (Systeme mit einer Ein- und einer Ausgangsgröße) und
- Verknüpfungselemente, die mehrere Größen (Signale) zusammenfassen.

Mit den Übertragungsblöcken, für Grundelemente des Regelkreises gibt es Übertragungssymbole, werden die Kausalzusammenhänge durch Verknüpfung der Eingangs- und Ausgangsgrößen dargestellt. Die dabei entstehende Darstellung wird Wirkungs- oder Signallaufplan genannt.

### 2.2 Elemente des Wirkungs- oder Signallaufs

#### 2.2.1 Übertragungsblock und Wirkungslinie

Die wirkungsmäßige (kausale) Abhängigkeit der Ausgangsgröße von der Eingangsgröße wird durch einen Übertragungsblock (Rechteck) gekennzeichnet. An den Übertragungsblock wird für jedes Signal eine Wirkungslinie gezeichnet, wobei die Pfeilspitze die Wirkungsrichtung angibt:

- hinweisender Pfeil: Eingangsgröße,
- wegweisender Pfeil: Ausgangsgröße.



Bild 2.2-1: Übertragungsblock